金矿活化成矿论
(以华北地台北缘为例)①

王义文
(中国有色金属工业总公司吉林矿产地质研究所)

提 要 硫、铅同位素研究表明,金矿成矿作用具有明显的继承性。区域潜在含金性是形成金矿化集中区的首要前提,花岗岩类侵入体和韧性剪切带的形成是造成矿源层(岩)中金活化的主要营力。正常的岩浆结晶分异作用难以形成含金热液,通过二次活化再成矿是金矿成矿的主要机制。在成因上同时与太古宙绿岩建造和显生宙花岗岩类有关的一系列金矿床构成了地台区特有的金矿床系列。

关键词 华北地台 金矿化集中区 潜在含金性 继承性 构造动力成矿

在古老地台区一些不大的面积内集中分布着数十个甚至上百个时代不同、类型各异,但在成因上皆与古老变质岩系有关的一系列金矿床(点),集中了数十、数百,甚至上千吨金储量,从而构成金矿化集中区的必要条件是什么?为解释金矿床的这种同地聚集现象,中外地质学家提出了各种模型。其中最重要的有张秋生(1987)的大陆边缘古地壳内深部液态含金矿源层说;朱奉三(1979)的混合岩化热液成矿说;姚凤良(1987)的"三体一位"成矿说;R. W. Boyle(1984)的变质热液扩容成矿说;W. O. Kravinen(1978)的深源 CO_2 交代成矿说;以及 Nicholas M. S. Rock 等(1988)的煌斑岩成矿说等。就华北地台北缘而言,大量的统计资料表明,在控制金矿化集中区的诸多因素中,太古宙含金建造、交代一重熔花岗岩和深断裂系统韧性剪切带是三个最重要的因素。其中区域潜在含金性是形成金矿化集中区的首要前提,重熔岩浆作用和构造动力作用作为一种巨大的改造营力对金矿成矿的意义亦不容低估。

1 金矿床与古老变质岩系的关系

西澳矿业公司对全世界各地质时期累计金产量的统计结果表明,金矿的最主要成矿期在26.5~28.5亿年间(晚太古宙),其产量约占世界金总产量的47.7%。作者对中国北东部十省(区)的统计也表明,中国北东部80%的金矿床产于早前寒武纪变质岩系中。对各金矿化集中区

① 本文系国家"七五"重点科技攻关75—55—04—06专题所获主要理论成果之一,曾在东北经济区和黄金学会首届学术年会上交流。

的统计结果亦是如此。例如，夹皮沟金矿化集中区70～80%的金矿点和绝大部分已探明的金矿储量皆赋存于夹皮沟群老牛沟组经动力退变质的下含铁层中(图1)。

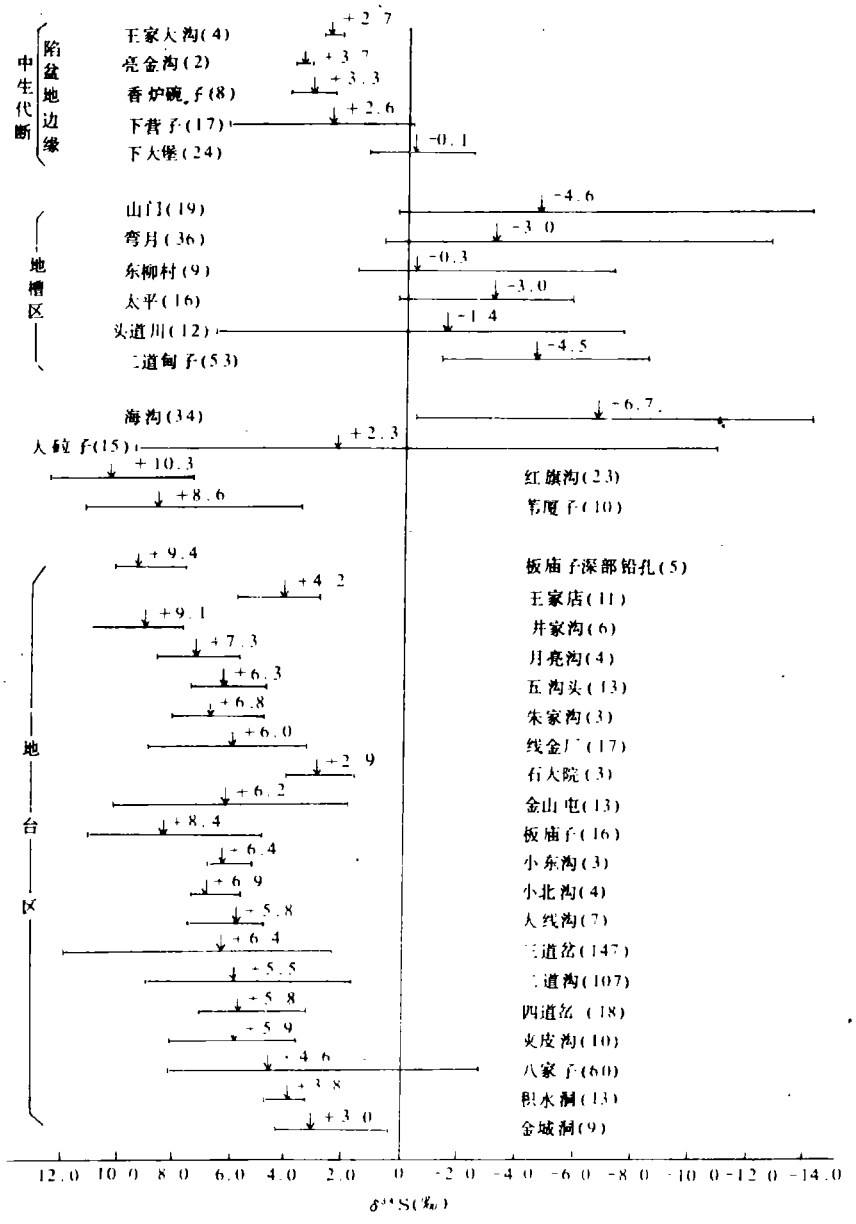


图1 华北地台北缘东段不同构造区金矿床 $\delta^{34}S$ 特征图解

(括号里的数字为样品件数，箭头所指是 $\delta^{34}S$ 算术平均值)

Flg. 1 $\delta^{34}S$ plot of Au—deposits in different tectonic regions of the East Sector of the North Margin of the North China Platform

周世泰(1988)对辽西和辽南的统计结果表明，辽西53个金矿床(点)中，有26个产于建平群

下部小塔子沟组变质岩中。辽南地区226个金矿床(点)中,有91个产于鞍山群变质岩和混合质岩石中,68个产于辽河群变质沉积岩中[1]。

贾兴洲(1990)对赤峰南部地区的统计结果表明,71%的金矿储量来自建平群中,13%来自侵入上述地层中的燕山期花岗岩中。

据母瑞身(1985)统计,冀东地区117个金矿床(点)中,有107个产于迁西群(八道河群王厂组)变质岩中。另据杜丁(1981)对燕山地区400多处金矿床(点)的统计,尽管该区各时代地层皆很发育,燕山期构造岩浆活动又十分频繁而强烈,但86%的金矿床(点)仍赋存于前寒武系变质岩中。

张家口金矿化集中区金矿床主要赋存于下太古宇桑干群谷咀子组强混合岩化的中深变质岩系,及其与超基性岩体和碱性杂岩体的接触带和混染过渡带中。

大青山—乌拉山金矿化集中区金矿床主要赋存于太古宇乌拉山群强混合岩化变质岩中。

值得注意的是在上述赋矿变质岩系中,金矿床与含铁建造的关系特别密切。据梁之梓资料,辽西90%以上的金矿床都是以小塔子沟组含铁建造中的斜长角闪岩、角闪岩、黑云斜长片麻岩、混合岩为主要近矿围岩。建平群小塔子沟组是本区金的矿源层,小塔子沟组中段的含铁建造是本区金矿的储矿层[2]。

在上述地区,有些矿床虽然不是直接产于太古宙变质岩系中,但它们的附近或深部仍然有古老变质岩分布。例如,柏杖子金矿直接围岩是大红峪组石英砂岩和花岗岩体,但在深部300~400m 处就是太古宇变质岩。峪耳崖金矿产于侵入于震旦系大理岩中的燕山期花岗岩中,但其附近就是八道河群王厂组变质岩。

造成金矿床与古老变质岩系有密切空间关系的原因可能有:

a. 赋矿变质岩系其原岩为富镁铁质中—基性火山岩,其原始金含量较高,且多为易活化金,构成了区域上的含金矿源层。其中所含的金在后来的地质营力作用下,活化、迁移和富集的结果即形成了金矿床。由此决定了变质热液金矿床的层控性质,也决定了重熔岩浆的含金性。

b. 赋矿岩系由于其特殊的成分和变质相,从而使其物理性质有利于控矿构造的发育。例如,绿片岩相的镁铁质岩石特别有利于片理化带的发育。故上述层控现象亦可能是构造控矿的一种表现。

c. 赋矿岩系由于含铁、硫等组分较高,因此有利于黄铁矿等矿物的形成,或者由于含碳、泥质较高,从而形成对金沉淀有利的地球化学障。

根据矿石和围岩的硫同位素组成可以确定金矿床成矿介质来源,从而确定矿源层的存在及成矿物质迁移、富集的可能机制。华北地台北缘东段(和龙—桦甸—清原)根据50多个矿床600多件样品统计,不同地质背景(地台、地槽和过渡带)上的金矿床其 $\delta^{34}S$ 截然不同(图1),有力地证明了金矿床的层控性。其中赋存于太古宙变质岩系中的含金石英脉矿床,其 $\delta^{34}S$ 的平均值为不大的正值($\bar{X}=+2.9\sim+9.1‰$,图1)。赋矿变质岩系的 $\delta^{34}S$ 平均值为0.8‰(清原)~2.0‰(夹皮沟)。金矿床与赋矿围岩比较相对富集^{34}S,富集度一般为4%左右(图2)。

上述矿石与矿源层之间 $\delta^{34}S$ 的系统差可用后来热事件引起的矿源层中成矿物质活化过程中的硫同位素平衡分馏效应来解释。实验资料表明,在200~600℃区间,当 H_2S 与 FeS_2 达到平衡时,H_2S 中相对富集^{34}S,最高可达4‰(图3)。太古宙变质岩系中的硫主要以黄铁矿形式存在,

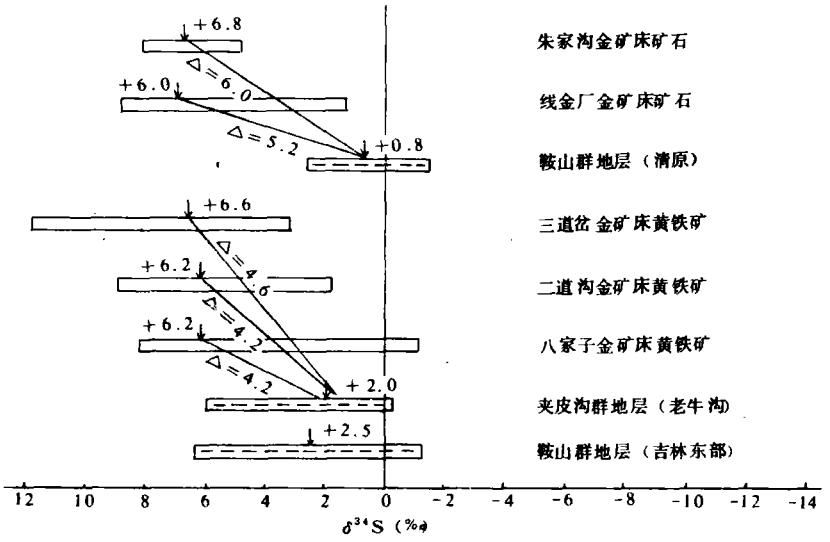
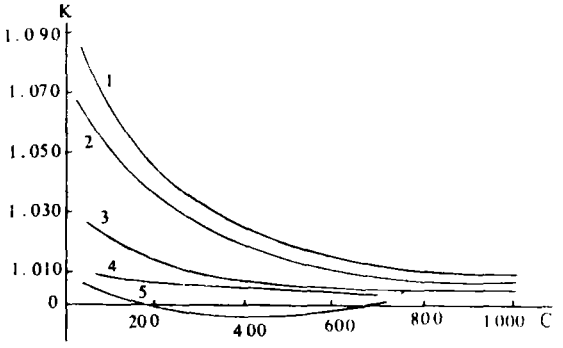


图2 华北地台北缘东段金矿床与矿源层 $\delta^{34}S$ 对比图解

Fig. 2 $\delta^{34}S$ Plot of Au—deposits and the source beds in East Sector of the North China Platform

当活化温度大于200℃而小于600℃时(相当于绿片岩相至低角闪岩相的变质温度),被活化而进入成矿流体中的硫将总是富集硫的重同位素,与上述统计资料完全一致。



说明：1. $SO_4^{2-} \leftrightarrows S^{2-}$；2. $SO_4^{2-} \leftrightarrows H_2S$；3. $SO_2 \leftrightarrows H_2S$；4. $H_2S \leftrightarrows PbS$；5. $FeS_2 \leftrightarrows H_2S$

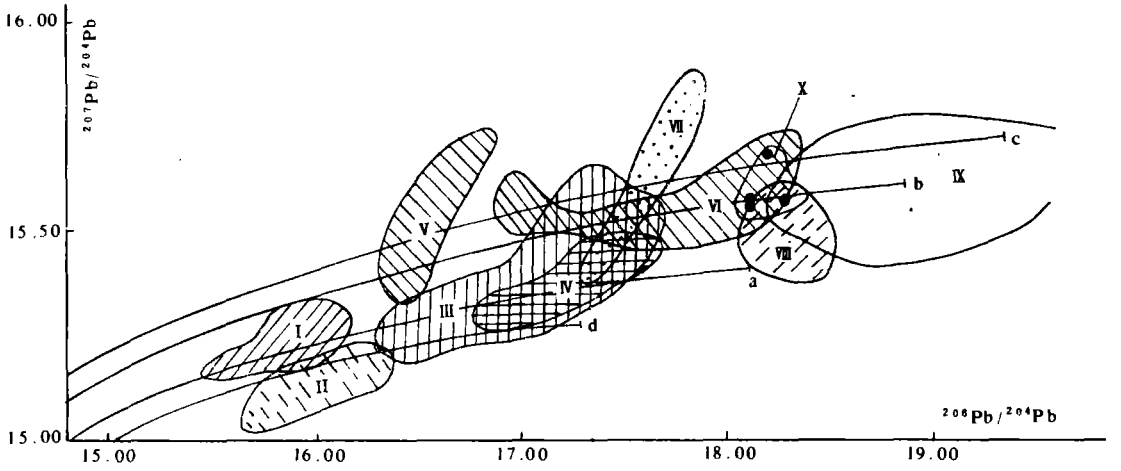
图3 硫同位素交换反应平衡常数与温度的关系
(据 B. A. 格里年科等)

Fig. 3 Relation of equilibrium constant of S—isotope exchange to temperature

研究区内各金矿化集中区的金矿床,尽管它们的赋矿围岩岩性、成因类型和成矿时代有明显差别,但在矿物成分、化学成分、围岩蚀变和流体性质等诸方面又具有惊人的相似性。为解释这种共性,张秋生(1987)提出了大陆边缘古地壳内深部液态含金矿源层的概念[3]。金矿床铅同位素组成可从一个侧面为此提供证据。

图4为华北地台北缘各金矿化集中区的矿石铅同位素组成图解,图中统计使用了近400件样品的铅同位素数据。由图4可见,冀东(图4,Ⅰ)、朝阳—赤峰(图4,Ⅲ)和张家口(图4,Ⅳ)金矿化集中区矿石铅的投影区皆位于 R. E. 札特曼铅构造学图解的下地壳铅演化线 d 上下[4]。冀东地区赋存于燕山期花岗岩中的重熔岩浆热液金矿床(例如,峪耳崖、洼子店、牛心山和下营坊等)的投影区位于下地壳线 d 之下(图4,Ⅱ)。这表明上述几个金矿化集中区的矿石铅皆来自一个铀亏损源区,推测与下地壳贫铀的麻粒岩相岩石有关。而夹皮沟(图4,Ⅴ)和丹东(图4,Ⅶ)金矿化集中区的投影区则落在上地壳铅演化线 c 上下,表明其源区富铀(亦富钍),推测铅来自上地壳。铅同位素的上述分布特征表明,华北

地台北缘金矿成矿物质主要来自再活化的地壳源。这一点与兴蒙地槽区及环太平洋金矿带中的金矿床完全不同。例如,赤峰地区的撰山子和延边地区的小西南岔等同熔岩浆热液金矿床,其矿石铅投影区位于地幔铅演化线 a 和上地壳演化线 c 之间(图4,X 和Ⅷ),表明矿石铅来自



说明:Ⅰ.冀东复成热液金矿床 Ⅱ.冀东重熔岩浆热液金矿床 Ⅲ.赤峰—朝阳 Ⅳ.张家口 Ⅴ.夹皮沟(地台区) Ⅵ.夹皮沟(地槽区及过渡带) Ⅶ.丹东 Ⅷ.延边 Ⅸ.中国热水溶滤金矿床 Ⅹ.撰山子

图4 华北地台北缘主要金矿化集中区铅同位素组成图解

Fig. 4 Pb—isotope composition of major Au—mineralization—concentrated areas at the North Margin of the North China Platform

幔源与壳源的混合源,即来自造山带。

2 金矿成矿作用的继承性

自60年代以来,随着多源成矿、变质成矿、卤水成矿、火山成矿及板块构造理论的兴起,以及某些新技术方法,例如稳定同位素、包裹体温压和成分测定、成岩成矿实验及金的微量微区分析等的发展。国内外学者对若干著名金矿床与花岗岩的亲缘关系提出了异议。但也不能否认,发育于古老变质岩区的复成热液金矿床往往与古老混合花岗岩有密切的空间关系,而且在同一地区出现的显生宙花岗岩也往往含金(夹皮沟、红花沟、石湖等);若干重要金矿床产于重熔花岗岩类(交代—深熔花岗岩系列)内外接触带或岩体内部断裂带中(五龙、下大堡、峪耳崖、牛心山、东坪、后沟等);某些中酸性小侵入体和次火山岩体(重熔—同熔花岗岩系列)中发育有脉状、浸染状和角砾岩筒状金矿床(香炉碗子、红石砬子、柏杖子等);若干斑岩铜钼成矿区同样亦是重要的金矿成矿区(大黑山、北票二道沟);花岗岩类侵入体与碳酸盐岩的接触带上可形成矽卡岩型金矿床(华铜);不同类型金矿床环绕花岗岩类侵入体呈环带状分布(金厂沟梁金矿

田)。除此之外,在大多数金矿区几乎皆可见到金矿体与花岗岩类岩墙、岩脉之间具有密切的空间和时间关系。金矿体与岩脉之间的空间关系是如此密切,以致可将岩脉作为一种有效的找矿标志。

上述两方面的事实表明,金矿成矿作用具有明显的二重性特征。即一方面它与不同时代的绿岩建造(主要为晚太古宙绿岩带)有着密切的亲缘关系,在其富集成矿历史中火山—沉积作用占重要地位,成矿作用具有明显的层控特征。另一方面,金矿床与花岗岩建造之间又有着密切的物质来源、能量、时间和空间关系。换言之,花岗岩类作为一种分布广泛的金矿源岩和一种巨大的改造营力对金矿成矿作用的意义亦不容低估。在这个意义上讲若干内生金矿床可称为广义的与花岗岩有关的层控金矿床。现在的问题是与金矿床有成因关系的花岗岩属什么成因?是金矿床的成矿母岩还是矿源岩?

统计结果表明,华北地台北缘花岗岩类的含金性往往与继承古老含金矿源层中的成矿物质有关。即在一个金矿化集中区中只要具备了地层潜在含金性这一前提条件,那末在该区发育的后期花岗岩类,不论其矿物、岩石、副矿物和岩石化学成分差别有多大(从中性到超酸性,从钙碱性到碱性)、侵位时代如何不同,这些花岗岩和同源火山岩都可能含金并与金矿化有亲缘关系。反之,在另外一些地区,一些时代和物质成分与上述含金岩体完全相同的花岗岩,由于其侵位地区不具备地层的潜在含金性,它们则完全与金矿化元缘。铅同位素研究证实了上述结论。

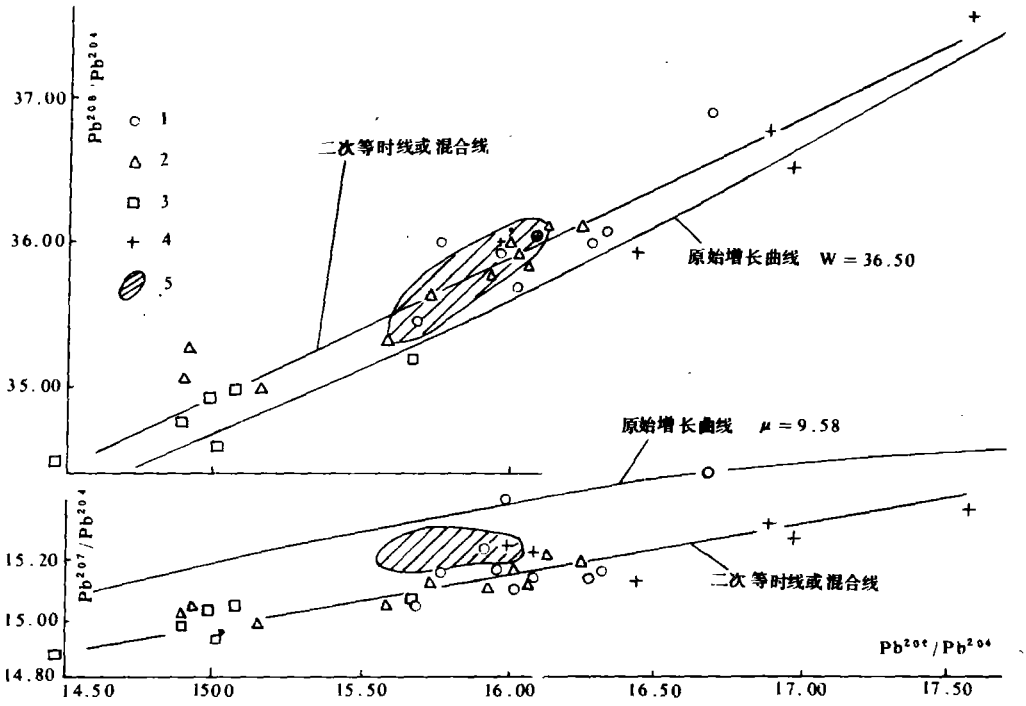
图5为冀东金矿化集中区的铅同位素组成图解。分析这个图解可见:a. 与成矿有关的显生宙花岗岩类岩石铅、岩体侵位地区的古老变质岩岩石铅、以及与它们有关的复成热液金矿床和重熔岩浆热液金矿床矿石铅四者在$^{207}Pb/^{204}Pb-^{206}Pb/^{204}Pb$及$^{208}Pb/^{204}Pb-^{206}Pb/^{204}Pb$图解上的投影点皆可拟合成一条直线;b. 该直线的低放射性成因端为早前寒武纪变质岩岩石铅,高放射性成因端为显生宙花岗岩岩石铅,而不同类型金矿床的矿石铅则介于二者之间。

可以有条件地将上述直线视为二次等时线。该直线与不同μ值的原始增长曲线的两个交点年龄t_1和t_2分别相当于铅源年龄和铅的矿化年龄。对冀中金矿化集中区来说,$t_1=3.3Ga$,代表赋矿变质岩系迁西群的变质年龄,与区内斜长角闪岩的Pb-Pb年龄(3268Ma)吻合[5]。$t_2=0.2Ga$,与矿区西部的青山口黑云母花岗闪长岩年龄(195.6Ma)相一致。

由此可见,"金矿床成矿物质来源年龄老(多数为太古宙),而矿体定位年龄新(多数为燕山期)"是华北地台北缘金矿床的主要特征之一。这是由金的地球化学特性和中国大陆特殊的发展历史所决定的。

华北地台至早元古宙仍处于非稳定状态,变质程度高、期次多,故象南非、澳大利亚和加拿大地台区那样的赋存于低级变质岩系中的绿岩金矿及早元古宙兰德型金矿并不发育。华北地台在中生代受太平洋板块俯冲影响,燕山期构造岩浆活动特别强烈,古老含金基底的大规模活化给与中生代花岗岩类有关的金矿床的发育创造了极为有利的条件。因此,中国的绿岩金矿在很多情况下是以"与花岗岩有关的层控矿床"面貌出现的。

当然,也可以将上述直线视为混合线,即认为金矿床中矿石铅是古老变质岩铅与显生宙花岗岩铅以不同比例混合而成。燕辽成矿带大量统计资料表明,一些大中型金矿床在$^{207}Pb/^{204}Pb$



说明:1. 重熔岩浆热液金矿床矿石铅 2. 复成热液金矿床矿石铅 3. 迁西群变质岩石铅 4. 中生代花岗岩石铅 5. 金厂峪金矿床黄铁矿

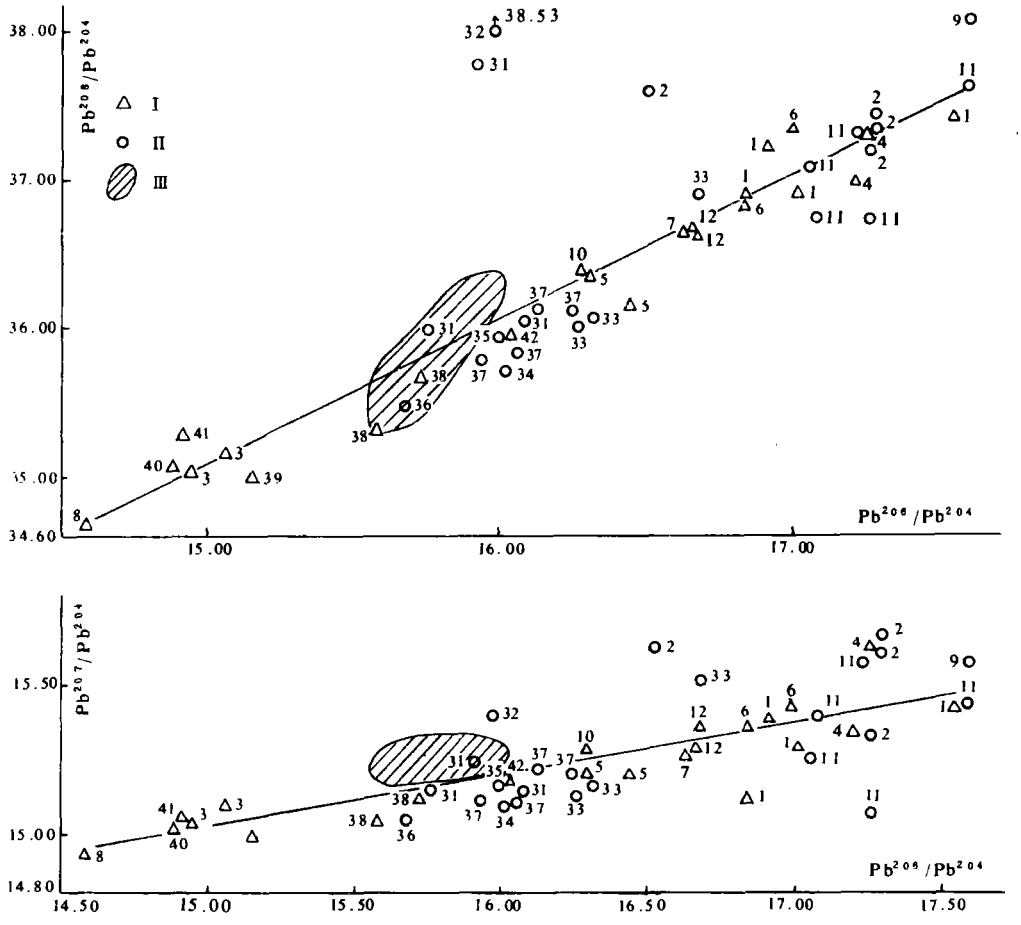
图5 冀东金矿化集中区铅同位素组成图解(图中部分数据引自文献5)

Fig. 5 Pb—isotope plot of Au-mineralization concentrated areas in the East Hebei Province

—$^{206}Pb/^{204}Pb$ 和$^{208}Pb/^{204}Pb$—$^{206}Pb/^{204}Pb$ 图解上的投影点多靠近显生宙花岗岩一端,例如金厂沟梁、二道沟、柏杖子、金厂峪、峪耳崖和三家等。而一些中小型金矿床则靠近古老变质岩一端,例如平房、东五家子、岔沟、栗树沟和赵家沟等(图6)[6]。这表明,尽管区域潜在含金性是形成金矿化集中区的首要前提,但后来的继承性花岗岩类对形成大中型金矿床亦是必不可少的。

3 大断层构造动力成矿的可能性

近十余年来,随着韧性剪切带理论和实验研究的新进展,越来越多的资料表明,金矿床与韧性剪切带在空间上具密切关系已是普遍的事实。从太古宙到中生代都有韧性剪切带形成,其分布范围几乎遍及世界上所有重要产金区,古老地台区尤甚。华北地台北缘夹皮沟、金山屯、五龙、四道沟、猫岭、南龙王庙、排山楼、烧锅营子和金厂峪等一系列金矿床皆受控于不同时代的韧性剪切带。问题是金矿床与韧性剪切带是否仅限于成矿空间(包括导矿和储矿)上的关系?若干大型金矿床赋存于韧性剪切带的脆—韧性过渡带中;详细的矿体构造(例如夹皮沟金矿区含



说明：Ⅰ.复成热液金矿床 Ⅱ.重熔(同熔)岩浆热液金矿床 Ⅲ.阴影区为金厂峪金矿矿石铅投影区

矿床编号：1.金厂沟梁 2.二道沟 3.东五家子 4.中三家 5.迷力营子 6.马户沟 7.沙金沟 8.平房 9.安家营子 10.毛家店 11.柏杖子 12.苗金沟 31.峪耳崖 32.洼子店 33.下营坊 34.茅山 35.高家店 36.马蹄峪 37.牛心山 38.三家 39.马兰峪 40.栗树沟 41.岔沟 42.庄户峪

图6 燕辽成矿带不同类型金矿床铅同位素组成图解

Fig. 6 Pb—isotope composition plot of different types of gold deposit in Yan—Liao metallogenic belt

金石英脉的条带状构造)和矿石结构研究表明，成矿作用发生在断层活动期中；糜棱岩全岩和应力矿物的 Rb—Sr 年龄与成矿年龄一致；稳定同位素和稀土元素研究皆证实成矿物质来自壳源或来自围岩[6]。上述事实表明，在断层岩形成过程中借助构造动力作用使矿源岩中的金活化转移从而形成金矿床的设想至少不与已获得的结论相矛盾。如果进一步考查断层岩，特别是糜棱岩的形成机制，即可发现大断层构造动力成矿是完全可能的。岩石塑性变形过程中物质成分的变化有两个重要特点：a. 一般有水溶液参与；b. 在矿物塑性变形及形成新矿物组合过程中，

先存矿物能自动将其中的杂质排出,矿物的化学组分向纯净化、简单化方向发展。在这一过程中,散布于各种造岩矿物和副矿物晶格缺陷中,或被吸附于矿物微裂隙中的杂质金及其他成矿元素有可能被活化而进入流体相中。

大断层的脆—韧性过渡带到韧性变形带上部,其新生矿物组合与区域变质绿片岩相组合相当,由此可以推测变形作用发生在300～350℃范围内,往下温度可能逐步增加。这一温度范围对含金络合物的形成是极为适宜的。因此在大断层深部韧性变形过程中有可能形成含金热液。另外,一个大断层其深部的韧性变形是持续而缓慢的,上部的脆性变形则是间歇性的、瞬间的或脉动式的。一方面深部韧性变形将有充足的时间形成含金溶液。另一方面上部的脆性变形瞬时形成低压扩容带将这些含金溶液抽汲到其中。由于压力和温度骤然降低,再加之扩容带中碎裂岩石表面积增加将加速溶液与围岩之间的反应速度,破坏溶液的平衡状态,从而可使金及其他成矿物质在这里沉淀。如果这一过程反复进行,则可形成具有一定规模的金矿床。

以夹皮沟金矿区的韧性剪切带而言,糜棱岩的原岩(黑云斜长片麻岩)金平均含量(几何平均值)为6.3ppb(71件样品),糜棱岩的金含量为2.0～8.0ppb,平均为3.5ppb,与原岩相比降低了2.8ppb。该区糜棱岩带的长度超过50km,单条韧性断层的宽度由数十米至数百米。因此有足够的体积提供这个成矿带所需要的金和其他成矿物质。

4 金矿活化成矿论

金由于其较高的原子序数和奇偶型核构型,使其在自然界中的丰度很低。因此,对形成一个金矿床,尤其是对形成一个规模巨大的金矿化集中区来说,由单一成矿物质来源,单一地质营力(例如花岗岩浆)一次完成的可能性很小。换言之,金矿成矿作用应具有多源、多营力、多期和长期性特点。

金具有亲铁和亲硫的双重特性,但以亲铁性为主。这导致了在地球分异过程中大部分的金集中于地核中。由此推论,地球演化早期以富镁铁为特征的原始地壳中金的丰度应是较高的。与此有关,太古宙绿岩建造的原始金丰度比显生宙同类岩石要高得多,构成了地台区的早前寒武纪富金基底,并在区域上控制了金矿床的分布。

金的电离势和电子亲合势皆很高,其负电性是所有金属中最高者之一,仅铂、铱等可以与其对比。在自然界金仅可能被氯、溴这样的强氧化剂氧化,也仅可能与硒、碲等元素形成共价化合物(碲金矿、针碲金矿、碲金银矿和硒金银矿等)。金的这一特性使它在自然界中超然于氧、硫之外,即金既不进入硅酸盐,也不进入氧化物、硫化物晶格中,而主要呈自然元素状态出现,形成独立矿物,或以杂质元素状态进入其他矿物中。以杂质元素状态和吸附状态存在的金与造岩元素和造矿元素之间没有任何化学键联系,在载体矿物发生有序化过程中很容易被排出。这就是为什么在一个潜在含金区中,矿源岩中的金可以不止一次地继承、再生,以及为什么金易于在低温条件下活化的原因[7]。

由于金的电离势很高,故在自然界 Au^{+} 和 Au^{3+} 皆不稳定,金的迁移不能以上述简单离子形式进行。但金原子具有6s、6p 空轨道,能与尚有未共用电子对的含硫、含氯、含碳等多种原子

团和羟基等配位体形成各种各样的络合物。在酸性条件下金可以金-氯络合物形式迁移，在碱性条件下金可以金-硫络合物及金-羟基络合物形式迁移。金矿物溶解度计算表明，并不是溶液温度愈高，含金络合物的稳定性就愈高(从而使金的溶解度愈高)。恰恰相反，当温度超过络合物的离解温度时，含金络合物将不复存在，这时金在溶液中的溶解度降低到最小值，金由活性而变为惰性。因此，含金络合物的离解温度就成为各种类型金矿床形成时不可逾越的温度线。为什么基性一超基性岩金丰度很高，但未曾发现与基性岩浆演化有关的岩浆熔离型(贯入)金矿床?为什么与花岗岩类有关的金矿床系列中多中一低温热液金矿床(高温热液金矿床较少)，而缺少岩浆型、伟晶岩型和云英岩型金矿床?为什么同一矿区(例如朝阳小塔子沟)由绢英岩化带过渡到云英岩化带金的品位急剧降低?为什么与区域变质作用有关的变质热液型金矿床只局限于低一中级变质岩相(角闪岩相之下，主要为绿片岩相)区域?其原因就是在高温下金呈惰性而非活性。

金的上述地球化学特性决定了金矿成矿作用的继承性。在岩浆作用阶段金呈隋性，在各类岩浆岩中金基本上呈分散状态。只有通过岩浆熔体中硫化物相的熔离作用，以及岩浆分异过程中流体相的分馏作用才能形成金的初步富集。而这两种作用仅能发生在某些特定成分的岩浆中和特定条件下。在通常情况下，例如在含金花岗岩结晶过程中，金主要呈杂质元素状态赋存于诸如黑云母、斜长石等造岩矿物和某些副矿物(磁黄铁矿、黄铁矿、磁铁矿和磷灰石等)的晶格缺陷中，因此金在残余熔浆中的聚集并不明显。这意味着正常的岩浆结晶分异作用并不一定伴随含金热液的形成。而这些分散于花岗岩中的金在有后来的地质作用叠加时，例如黑云母被绿泥石交代，斜长石被钾长石交代，金的载体矿物能自动清除其所含的杂质金，使其重新活化而聚集于交代溶液中。通过各种活化作用(包括自交代作用)形成含金热液的可能性要比前述硫化物相熔离及流体相分馏的概率大得多。这就是为什么与金矿床有成因关系的花岗岩多为复式岩体，金矿化多出现在晚期侵入相的外接触带，而且几乎无例外地皆发育岩浆期后碱质交代作用(例如柏杖子)的根本原因。

在表生条件下，通过机械搬运、化学增生和生物作用可以形成巨大的砂金矿床和含金砾岩矿床[7]。但在更多的情况下则是形成金丰度较高但尚未达到工业要求的沉积矿源层。火山作用是将深部来源的金集中于火山一沉积建造中的重要机制。早前寒武纪的火山一沉积作用形成了对金矿化具有头等意义的太古宙绿岩带，而中、新生代的火山一沉积作用则奠定了环太平洋金银成矿带的物质基础。在沉积岩区域变质过程中，以杂质元素状态赋存于沉积矿物中或以吸附状态赋存于矿物间隙中的金，随着温度和压力的升高，在载金矿物重结晶或重新组合过程中很容易转入变质溶液中。至于环流地下热水通过溶滤作用汲取矿源层(岩)中的金更是不言而喻的。矿源层不仅是各类层控金矿床赖以形成的基础，也是交代一重熔花岗岩中金的母源。由此可见，华北地台北缘各金矿化集中区在宏观上皆受控于太古宙绿岩建造也就不足为奇了。

在区域潜在含金性存在的前提下，金矿床的形成取决于活化营力。变质作用(角闪岩相以下)、混合岩化作用(中低温碱质交代作用)、重熔岩浆作用和岩浆活化作用、构造作用(退变质、扩容、压溶和地震泵作用等)皆可能使含金矿源层(岩)中的金活化从而形成变质热液、混合岩化热液、重熔岩浆热液、岩浆活化热液和动力变质热液等一系列不同类型的金矿床。此外，还有由于局部热点和地热异常导致地下热(卤)水循环而形成的热水溶滤型金矿床。在上述活化作

用过程中,变质水、岩浆水、同生水(建造水)、海水及大气降水,以及它们的混合物皆可能作为成矿介质参与成矿作用。氢、氧同位素资料可为佐证(另文论述)。上述不同类型金矿床皆以太古宙绿岩建造为原始矿源层,构成了地台区特有的金矿床组合或金矿床系列。

综上所述,在矿源层(岩)存在的前提下,后来的地质事件造成的温度、压力、酸碱度、氧逸度等物化条件的变化,矿化剂(硫、氯及碳等)的增加和减少,水流体的溶滤和沸腾作用等皆可使含金地层和岩浆岩中的金活化、迁移和再沉淀,从而形成形形色色的金矿床。由此可见,含金溶液的形成主要是在后来的地质事件中,矿源层(岩)中的金被重新活化的结果,或者说是继承矿源层中金的结果,而并不是岩浆演化(例如结晶分异)的必然结果。即通过二次活化再成矿是金矿成矿的主要机制。

参考文献

1 周世泰. 华北地台太古宙变质岩中金矿的成因类型和成矿预测. 地质与勘探,1988,(9)

2 梁之梓. 辽宁西部太古代层控金矿床地质特征. 地质与勘探;1988,(2)

3 毛成云,刘连登. 张秋生论文选集. 吉林:科学技术出版社,1988:137~148

4 Zartman R E. Lead ,strontium and neodymium isotopic characterrization of mineral deposits relative to their geologic environments. Proceeding of the 27-th International Geological congress,1984,(12):83~106

5 林尔为,郭裕嘉. 冀东金矿集中区的铅同位素研究. 长春地质学院学报,1985,(4):1~10

6 王义文. 中国金矿床稳定同位素地球化学研究. 桂林冶金地质学院学报,1990,10(3):269~282

7 王义文. 从狗头金的形成与砂金矿的再生谈金的表生溶液迁移问题. 地质与勘探,1985,(5):8~12

REMOBILIZATION METALLOGENY FOR GOLD DEPOSITS IN MARGIN OF THE NORTH CHINA PLATFORM

Wang Yiwen

(*Jilin institute of Mineral Resources & Ceology, CNNC*)

Abstract

Studise of sulphur & lead isotope have shown that there exists a remarkable inheritance in gold mineralization. The potential gold—bearing nature of certain region is the major premise of the formation of gold mineralization concentrate zones. The intrusion of granites & ductile shear zone are the main agents for the gold remobilization from source bed (rock). The common differentiation of magmatic crystallization is diffecult to generate auriferous hydrothermal solution. The basic mechanism of gold metallogeny is characterized by double remobilization & concentration of gold. A series of gold deposits related to both Archaen green stone formation & Phanerozoic granites constitute the characteristic gold deposit series in platforms.